

夏秋トマト雨よけ栽培における放射状裂果の発生に及ぼす積算日射量の影響

鈴木隆志^{1,2a*}・柳瀬関三^{1b}・塩谷哲也¹・嶋津光鑑²・田中逸夫²

¹ 岐阜県中山間農業研究所 509-4244 飛騨市古川町是重

² 岐阜大学大学院連合農学研究所 501-1193 岐阜市柳戸

Effects of Total Integrated Solar Radiation on Radial Fruit Cracking in Tomato Cultivation under Rain Shelter in Cool Uplands

Takashi Suzuki^{1,2a*}, Sekizou Yanase^{1b}, Tetsuya Enya¹, Teruaki Shimazu² and Itsuo Tanaka²

¹Gifu prefectural Research Institute for Agricultural Technology in Hilly and Mountainous Areas, Koreshige, Furukawa, Gifu 509-4244

²The United Graduate School of Agricultural Science, Gifu University, Yanagido, Gifu 501-1193

Abstract

This study investigated the cause of radial fruit cracking in tomato cultivation under rain shelter in the cool uplands in Gifu Prefecture. The effect of total integrated radiation using two types of training methods was determined over a three-year period. The percentage of refused radial fruit cracking associated with increased total integrated solar radiation from the young fruit stage to the mature green stage. Fruit cracking occurred in the training method which foliage and fruits received a large amount of light-interception. Also, as for fruits that undergo vigorous enlargement, the frequency of the radial fruit cracking increased.

Key Words : fruit enlargement, training method

キーワード : 果実肥大, 整枝法

緒 言

夏秋トマト栽培では、可販収量と品質の低下をもたらす放射状裂果の発生が大きな問題となっており、その対策技術の開発が強く求められている。

トマトの放射状裂果の発生要因に関しては、これまでに多くの報告がある。主なものとして、土壌水分の急激な変化（二井内ら, 1960）、降雨や夜露（上村ら, 1972）、高湿度（Corey・Tan, 1990）、高温（Frazier・Bowers, 1947）、強日照（Frazier, 1952）、高可溶性固形物含量（Peet, 1992）などが放射状裂果の発生を促し、また、遮光によって軽減される（Brown・Price, 1934）ことが報告されている。しかし、主要因が明確になっていないため、これまで有効な対策がとられていないのが現状である。

著者らは前報（鈴木・柳瀬, 2005）において、放射状裂果の発生に及ぼす灌水方法と整枝法の影響について検討し、放射状裂果の発生には、土壌水分の変化よりも、茎葉や果実への強い日射の影響が大きいことを報告し、日射量

がその発生に強く関与していると推察した。そこで、日射量と放射状裂果の発生との関係について、3年間にわたって検討した結果、幼果期から緑熟期の積算日射量とくず放射状裂果発生との関係に一定の傾向が認められたので報告する。なお、くず放射状裂果とは、裂果の程度が激しく、商品価値のないものをいう。

材料および方法

2002年から2004年の3年間、トマト‘桃太郎8’を供試し、間口6mの雨よけハウス内で、株間40cm、条間80cm、5条植えの栽植様式で養液土耕栽培した。栽培期間は4月から11月までであり、ハウスは側面と妻面全面に4mm目の防虫ネットを被覆した。施肥は追肥のみとし、大塚ハウスA処方またはSA処方の1/2単位養液（EC: 1.2 dS・m⁻¹）を用い、栽培期間全体で窒素成分を10a当たり23kg施用した。灌水は少量・多回数方式とし、灌水量は1日・1株当たり最大2.5Lとした。試験区は、茎葉や果実に対する日射の当たりやすさを異にした斜め誘引仕立て区と直立仕立て・玉出し区の2区を設けた。斜め誘引仕立て区は、第3果房より上位の茎葉を斜めに誘引した。誘引の角度は、地面に対して30～45度の範囲で行った。直立仕立て・玉出し区は、南北棟雨よけハウスの西側の畝の株を供試し、直立仕立てによって花（果）房を日射が当たりやすいように

2006年6月1日 受付. 2006年11月27日 受理.

本報告の一部は園芸学会平成17年度秋季大会において発表した。

* Corresponding author. E-mail: suzuki-takashi@pref.gifu.lg.jp

^a現在: 西濃地域農業改良普及センター 503-0838 大垣市江崎町

^b現在: 飛騨地域農業改良普及センター

第1表 整枝法（受光態勢）を異にして栽培したトマトにおける規格別平均果重およびくず放射状裂果発生率（2002～2004年）

年次	処理区	平均果重 (g)			くず放射状裂果発生率 (%)
		可販放射状裂果	くず放射状裂果	その他の可販果	
2002年	斜め誘引仕立て	208.6a ²	204.8a	168.9b	6.7
	直立仕立て・玉出し	180.1a	169.2a	171.4a	30.7
2003年	斜め誘引仕立て	205.6a	212.9a	195.2a	3.2
	直立仕立て・玉出し	225.6a	223.2a	220.7a	14.6
2004年	斜め誘引仕立て	195.6b	219.9a	171.8c	7.3
	直立仕立て・玉出し	200.6b	223.5a	183.5c	12.0

²最小有意差法により異なる文字間に5%水準で有意差あり

第2表 本実験におけるトマトの開花時期と収穫時期の関係（2002～2004年）

収穫果房 段数 (段)	2002年			2003年			2004年		
	開花日	収穫日	成熟日数	開花日	収穫日	成熟日数	開花日	収穫日	成熟日数
1～2	7月3日	8月7日	35日	6月23日	8月6日	44日	6月28日	8月2日	35日
4～5	7月19日	8月28日	40日	7月15日	8月25日	41日	7月16日	8月28日	38日
6～7	8月4日	9月18日	45日	8月10日	9月24日	45日	7月30日	9月10日	42日
8～9	8月21日	10月13日	53日	8月21日	10月14日	54日	8月23日	10月22日	60日
10～11	8月30日	11月3日	63日	8月26日	10月28日	63日	9月3日	11月8日	66日

第3表 7月下旬～9月下旬までに収穫された果実におけるくず放射状裂果発生率とその果実が成熟する前の積算日射量の重相関係数（2002～2004年）

処理	成熟前の期間					
	35日～25日	35日～15日	35日～5日	25日～15日	25日～5日	15日～5日
直立仕立て	0.596*** ²	0.692**	0.550**	0.497*	0.312	-0.004
斜め誘引	0.769**	0.728**	0.578**	0.390	0.245	-0.005

²分散分析により, * : 5%水準で有意

第4表 10月上旬～11月上旬までに収穫された果実におけるくず放射状裂果発生率とその果実が成熟する前の積算日射量の重相関係数（2002～2004年）

処理	成熟前の期間					
	45日～35日	45日～25日	45日～15日	35日～25日	35日～15日	25日～15日
直立仕立て	0.616** ²	0.577*	0.430	0.422	0.237	-0.075
斜め誘引	-0.241	-0.364	-0.424	-0.433	-0.500	-0.471

²分散分析により, * : 5%水準で有意

西側に向けて誘引し、開花前から葉吊りや摘葉によって玉出しを行った。

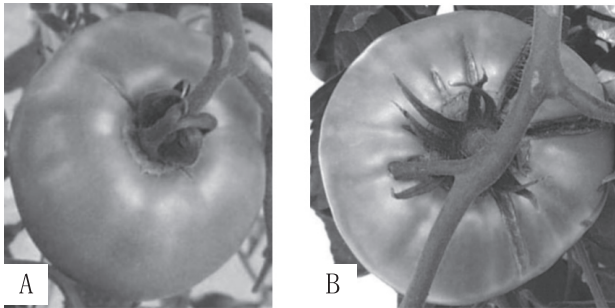
調査項目は、開花時期と収穫時期の関係、正常果、放射状裂果およびくず放射状裂果（第1図）の発生状況とそれらの平均果重、ハウス内の積算日射量等とした。積算日射量は、ハウスの中央部、高さ2.5mの位置で、全天日射計（東京ハイテック（株）製、HT-O）を用いて1カ所で測定した。なお、実験は1区5株とし、3反復行った。

結 果

くず放射状裂果発生率は、2002年の斜め誘引仕立て区で6.7%、直立仕立て・玉出し区で30.7%、2003年の斜め誘引仕立て区で3.2%、直立仕立て・玉出し区で14.6%、2004

年の斜め誘引仕立て区で7.3%、直立仕立て・玉出し区で12.7%と年次による変動は大きいものの、いずれの年においても直立仕立て・玉出し区が斜め誘引仕立て区よりも高く推移した（第1表、第2図）。また、旬別積算日射量が2002～2004年の平均値より高い時期を経過した果実で、その発生が高まる傾向が認められた。例えば7月下旬～8月上旬の積算日射量が平均値より高く推移した2002年には、8月下旬～9月上旬のくず放射状裂果発生率は高く推移したが、同時期の積算日射量が平均値より低く推移した2003年には、同時期のくず放射状裂果の発生はほとんどなかった（第2図）。

3年間の実験において、開花時期と収穫時期および成熟日数の関係を調査した。いずれの年も成熟日数には処理間



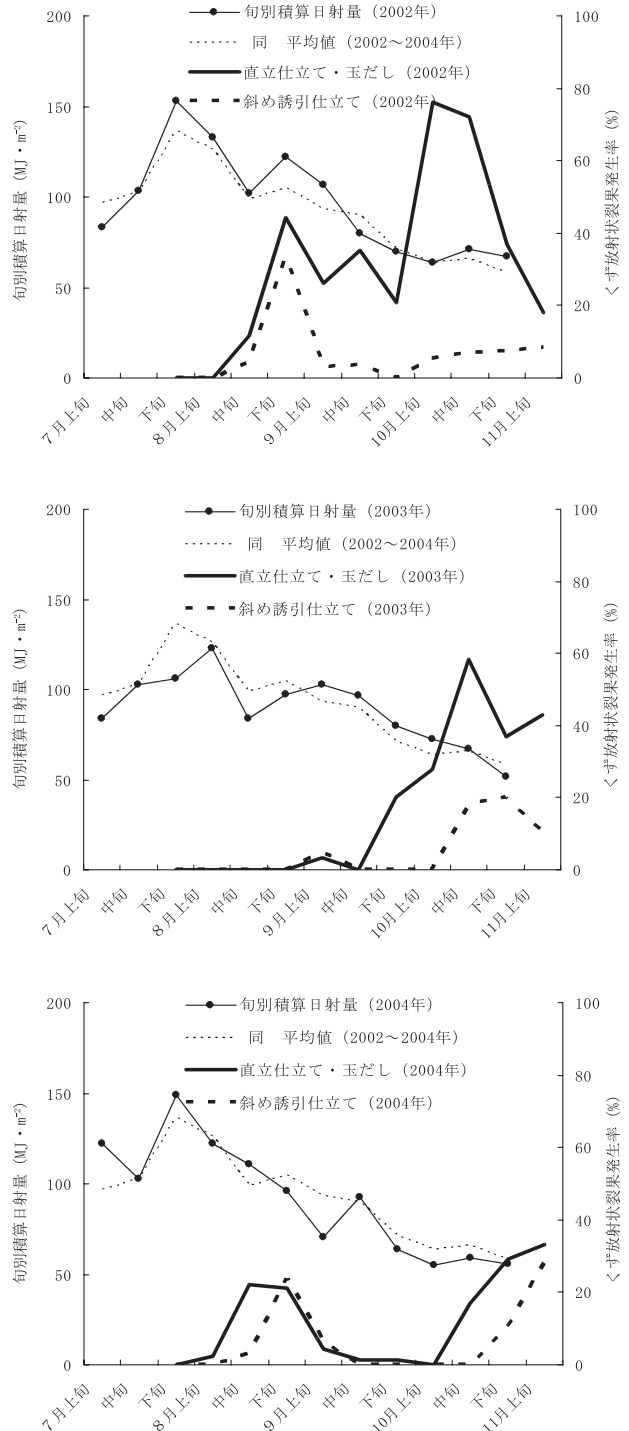
第1図 放射状裂果の規格
A : 可販放射状裂果 B : くず放射状裂果

の差はほとんどなかった。成熟日数は最短で35日、最長で66日と年次変動はみられるが、収穫時期が9月下旬まではほぼ45日以下となり、10月上旬以降はそれ以上の日数を要した(第2表)。そこで成熟前の期間を35日前から始まる10日間ずつおよび25日前から始まる10日間ずつの6通りに分けて、くず放射状裂果発生率との関係について検討した。その結果、成熟日数の比較的短い7月下旬～9月下旬までに収穫された果実におけるくず放射状裂果発生率とその果実が成熟する前の積算日射量の関係は、直立仕立て・玉出し区、斜め誘引仕立て区いずれも、特に成熟前35～15日の期間の積算日射量と高い正の相関関係が認められた(第3表)。また、成熟日数の比較的長い10月上旬～11月上旬までに収穫された果実におけるくず放射状裂果発生率とその果実が成熟する前の積算日射量の関係は、直立仕立て・玉出し区では成熟前45～35日または45～25日の期間の積算日射量と有意な関係が認められたが、斜め誘引仕立て区では明確な関係は認められなかった(第4表)。さらに、7月下旬～9月下旬までに収穫された果実におけるくず放射状裂果発生率と成熟前35～15日間の積算日射量の関係を詳細にみると、回帰直線のX切片は直立仕立て・玉出し区で180.8 MJ・m²、斜め誘引仕立て区で199.4 MJ・m²であり、傾きは、玉出し区で0.2954、斜め誘引仕立て区で0.2102であった(第3図、第4図)。

なお、規格別平均果重は、年次変動は大きい。2002年の斜め誘引仕立て区では、くず放射状裂果および可販放射状裂果がその他の可販果(正常果等)に比べ重い傾向が認められ、また、2004年では、いずれの区においても、くず放射状裂果、可販放射状裂果、その他の可販果の順に重い傾向が認められた(第1表)。

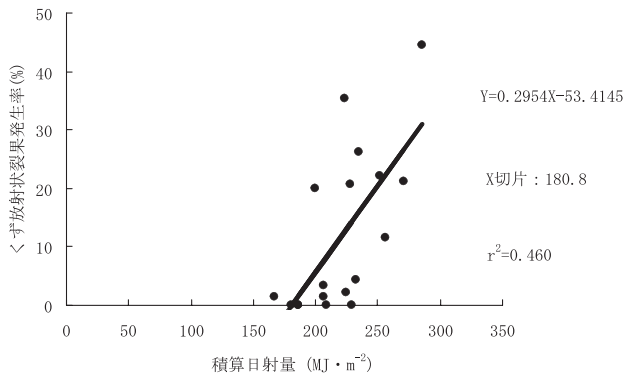
考 察

本研究では、明らかに積算日射量の推移のパターンが異なる3年間の気象条件下で、異なる仕立て法で栽培したトマトのくず放射状裂果発生と成熟前の一定期間の積算日射量との関係を詳細に検討した。その結果、くず放射状裂果発生率は、いずれの年においても直立仕立て・玉出し区が斜め誘引仕立て区より高く推移し、また、旬別積算日射量

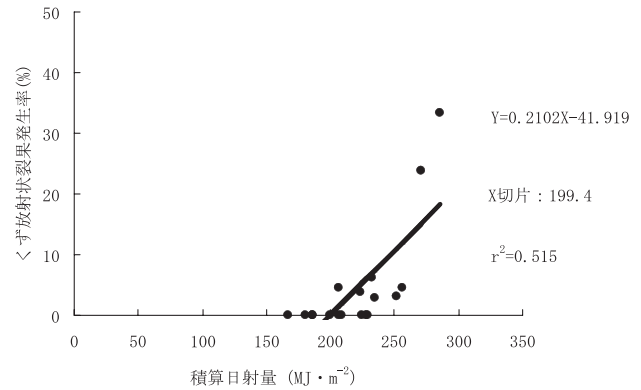


第2図 旬別積算日射量と直立仕立て・玉出し処理および斜め誘引仕立てにおけるくず放射状裂果発生率の推移(2002～2004年)

が平均値より高い時期を経過した果実で高まる傾向が認められた。山下・林(1994)は、株全体を遮光することで放射状裂果の発生は減少することを報告している。また、著者らは前報(鈴木・柳瀬, 2005)で、果実表面における積算日射量は、斜め誘引仕立て区が直立仕立て・玉出し区より有意に低いことを報告しており、斜め誘引仕立てをする



第3図 直立仕立て・玉出し処理で栽培され7月下旬～9月下旬までに収穫された果実におけるくず放射状裂果発生率とその果実が成熟する前35日～15日間の積算日射量の関係 (2002～2004年)



第4図 斜め誘引仕立てで栽培され7月下旬～9月下旬までに収穫された果実におけるくず放射状裂果発生率とその果実が成熟する前35日～15日間の積算日射量の関係 (2002年～2004年)

ことで遮光と同様の効果が現れたと考えられる。以上のことから、斜め誘引仕立ては、放射状裂果対策として有効な仕立て法であると判断された。

くず放射状裂果とその果実が成熟する前の積算日射量の関係を見ると、いずれの区も幼果期～緑熟期の積算日射量と高い相関が認められた。7月下旬～9月下旬までに収穫された果実におけるくず放射状裂果発生率と成熟前35～15日間の積算日射量の関係では、直立仕立て・玉出し区と斜め誘引仕立て区の回帰直線におけるX切片の値の差からみて、直立仕立て・玉出し区の方では積算日射量が約1割少ない条件で放射状裂果の発生が始まることが推察された。また、回帰直線の傾きも直立仕立て・玉出し区の方が大きいことから、積算日射量の影響を受けやすいと判断された。一方、10月上旬～11月上旬までに収穫された果実におけるくず放射状裂果発生率と成熟前の積算日射量の関係で、直立仕立て・玉出し区では成熟前45～35日または45～25日の期間の積算日射量と有意な関係が認められたが、斜め誘引仕立て区では明確な関係は認められなかった。これは、直立仕立て・玉出し区に比べて高い積算日射量でくず放射状裂果が発生する同区においては、今回の実験では、この期間の積算日射量がくず放射状裂果を多発させるレベルより低かったためと推察した。

次に、果実肥大とくず放射状裂果発生率の関係について考察する。規格別平均果重は、2002年の直立仕立て・玉出し区以外では、正常果よりも放射状裂果およびくず放射状裂果の方が大きくなる傾向が認められ、果実肥大が促進される場合にくず放射状裂果発生が多くなること推察された。トマトの場合、一般に果実の細胞数は開花期に決定しているため、果実肥大には、個々の細胞の伸長、肥大が必要であり、水分および光合成産物や窒素、リン酸、加里などを主とする養分をより多く果実内へ転流させ、蓄積させることが重要であるといわれている(斉藤, 1984)。今回の実験では、養水分は同一条件であるため、果実肥大には光合成産

物の転流量の影響が大きく、果実に転流される光合成産物の量が放射状裂果の発生と密接に関連していると判断された。

トマトの光飽和点は $1400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (約8万lx)以上といわれている(丸尾, 2006)。本実験を行った施設周辺では、夏期にまれに10万lxを超える場合があるが(鈴木, 未発表)、雨よけ被覆下では日射の2割以上が遮光され、さらにトマト群落構造の影響を考慮すると、光飽和点を越えることは多くはなかったと推察される。それゆえ、今回の実験では、積算日射量が高いほど光合成産物の生産は高まったものと推察された。

さらに、光合成産物の転流・分配について、吉岡・高橋(1979)は、果実のシンクの強さは、開花後相対日数30～80日ではほぼ70%以上に達しているとしている。トマトの肥大は、単純なS字型成長曲線をとるとされており(斉藤, 1984)、幼果期～緑熟期の果実肥大が旺盛な時期に、日射を多く受けることによって光合成産物の生産が高まり、さらに果実への転流・分配が効率よくなされることによって、果実肥大が進んだものと推察された。これに関連して、いずれの年も10月以降のくず放射状裂果発生率が高く推移したのは、出荷基準の果色程度が夏期より赤くなることにより収穫までの期間が長くなり、放射状裂果発生リスクが高まったことに加え、気温の低下に伴い呼吸による消耗が少なくなり、果実への転流・分配が促進され果実肥大が進んだこと、さらに着果数の減少に伴い、転流・分配が集中したことによるものと推察される。なお、吉岡ら(1986)は果実温度が著しく高い場合には、転流は促進されるにもかかわらず、呼吸による消耗が激しくなり、果実の肥大が悪化しているとしている。また、Peet(1992)は、放射状裂果発生と高い可溶性固形物含量との関係を指摘しており、光合成産物の転流との密接な関係を裏付ける知見であると考えられる。

摘 要

夏秋トマト雨よけ栽培において、放射状裂果の発生の要因を明らかにするため、整枝法の違いによる日射量の影響について3年間検討した。

夏秋トマト栽培におけるくず放射状裂果の発生は、幼果期から緑熟期頃までの積算日射量が一定水準を超えた果実に発生しやすい傾向が認められ、茎葉や果実に日射が当たりやすい条件で発生しやすいと判断された。また、果実肥大が旺盛な果実ほど放射状裂果が起こりやすい傾向が認められた。

謝 辞 本論文のとりまとめにあたり、(独)農業・食品産業技術総合研究機構 野菜茶業研究所の吉岡 宏部長には貴重なご助言を頂いた。ここに記して深く感謝の意を表します。

引用文献

- Brown, H. D. and C. V. Price. 1934. Effect of irrigation, degree of maturity, and shading upon the yield and degree of cracking of tomatoes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 32: 524-528.
- Corey, K. A. and Z-Y. Tan. 1990. Induction of changes in internal gas pressure of bulky plant organs by temperature gradients. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 308-312.
- Frazier, W. A. 1952. Cracking resistance in puck progeny. *Tomato Genet. Coop. Rpt.* 2: 3.
- Frazier, W. A. and J. L. Bowers. 1947. A report on studies of tomato fruit cracking in Maryland. *Proc. Soc. Hort. Sci.* 49: 241-255.
- 上村昭二・吉川宏昭・伊藤喜三男. 1972. トマトの裂果に関する研究. *園試報.* C7: 73-135.
- 丸尾 達. 2006. 施設野菜・薬用植物・ハーブの特徴と栽培管理. p. 150-168. 古在豊樹ら編著. 最新施設園芸学. 朝倉書店. 東京.
- 二井内清之・本多藤雄・太田成美. 1960. トマトの裂果に関する研究 (第1報), 裂果の機構について. *園学雑.* 29: 287-293.
- Peet, M. M. 1992. Fruit Cracking in Tomato. *HortTechnology* 2: 216-223.
- 斉藤 隆. 1984. 基礎編 果実の発達と成熟の生理, 生態. p. 115-142. 農業技術体系野菜編トマト. 農文協. 東京.
- 鈴木隆志・柳瀬関三. 2005. 夏秋トマト雨よけ栽培における放射状裂果発生に及ぼす灌水および整枝の影響. *園学研.* 4: 75-79.
- 山下文秋・林 悟朗. 1994. 水耕トマトの低段密植栽培における周年生産 (第2報) 高温期における裂果防止対策. *愛知農総試研報.* 26: 157-162.
- 吉岡 宏・高橋和彦. 1979. 果菜類における光合成産物の動態に関する研究 III トマト果実の肥大・成熟に伴う Sink 能の変化と Source-Sink の関係. *野菜試報.* A6: 85-103.
- 吉岡 宏・高橋和彦・新井和夫. 1986. 果菜類における光合成産物の動態に関する研究 IX トマトにおける ^{14}C 同化産物の転流に及ぼす温度の影響. *野菜試報.* A14: 1-9.